

**Attività 2016**

Nel corso del 2016 è stata completata la realizzazione del sistema informativo a supporto della gestione dei processi di pagamento per le imprese titolari di autorizzazione generale per l'attività di operatore di rete, includendo anche il modulo relativo al pagamento dei canoni di concessione per l'uso delle frequenze, completa del relativo calcolo degli sconti, come previsto dalla normativa vigente.

Il sistema, quindi, nella sua forma attuale è completo, è stato messo a disposizione del personale del Ministero e permette:

- la gestione delle anagrafiche degli operatori di rete e dei diritti d'uso assegnati;
- il calcolo automatico di quanto dovuto relativamente ai diritti amministrativi, ai collegamenti in ponte radio e all'utilizzo delle frequenze sulla base dei diritti d'uso assegnati;
- il calcolo automatico di quanto dovuto relativamente ai diritti di concessione delle frequenze;
- il calcolo della scontistica nel caso di cessione di capacità trasmissiva o di adozione di tecnologie innovative /DVBT-2);
- la generazione in automatico delle lettere da inviare alle Società con l'indicazione degli importi dovuti per ogni tipologia di pagamento;
- la registrazione di quanto pagato dagli operatori;
- la generazione di report.

130

ATTIVITÀ FUB 2016

## INFRASTRUTTURE E RETI TLC

### URBAN

Reti per Accessi UltraBroadband e UltraReliable (UltraReliable Broadband Access Networks)

Progetto in convenzione con MiSE - ISCOM

Analisi e confronto delle principali soluzioni tecniche per la rete d'accesso e per la rete di trasferimento in sistemi 5G, al fine di valutare possibili strade per l'evoluzione delle reti, tenendo conto dei vincoli normativi esistenti.

#### Obiettivi

Studio dei seguenti aspetti:

- Tecniche di trasmissione per sistemi distribuiti di antenne
- Tecniche evolute per la gestione e la configurazione delle reti (es. SDN, NFV)
- Ambito regolamentare nazionale e internazionale
- Ottimizzazione delle risorse e qualità del servizio.

#### Impatto

Il 5G vedrà lo sviluppo massiccio di reti eterogenee (HetNet) composte da diverse sotto-reti, al fine di soddisfare le differenti esigenze delle varie tipologie di utente, di terminale e di servizio. Il Progetto ha studiato l'evoluzione delle reti di comunicazioni mobili verso il 5G, affrontando i temi di ricerca più caldi; sono state individuate le tecniche e le metodologie più promettenti per l'accesso radio alle reti di nuova generazione (5G) con caratteristiche di banda ultralarga e di altissima affidabilità; sono state studiate le architetture di rete evolute necessarie per supportare i servizi 5G; è stato valutato, infine, l'impatto dello sviluppo tecnologico delle reti sull'ambito regolamentare nazionale e internazionale.

#### Descrizione

Le attività hanno riguardato i tre grandi temi sotto riportati:

##### Rete d'accesso

Il 5G utilizzerà tecniche di trasmissione e tipologie di antenna evolute in grado di portare la "densificazione" della rete a livelli estremi. Il diminuire del raggio cellulare, l'aumentare del numero di reti che condivideranno lo spettro radio, l'utilizzo sempre più spinto delle bande non licenziate faranno sì che la mitigazione dell'interferenza assuma un'importanza centrale.

A tal fine, sarà necessario utilizzare antenne sempre più "intelligenti" e stazioni base (anche appartenenti a diverse componenti di una HetNet) in grado di coordinarsi.

Nel corso del progetto sono state studiate le tecniche più promettenti quali: l'utilizzo di antenne attive, quello di sistemi di antenna distribuiti ed il Massive MIMO (che prevede l'impiego di antenne composte anche da centinaia di elementi). Anche il coordinamento fra stazioni base giocherà un ruolo

fondamentale e, nel corso di URBAN, si è guardato alle principali tecniche come CoMP (Coordinated Multi Point) ed eICIC (enhanced Inter-Cell Interference Coordination).

#### **Rete di trasferimento (“backhaul” e “core network”)**

L'aumentare della densità della rete (e quindi del numero di nodi e del traffico tra di essi) richiederà anche un'evoluzione della rete di trasporto, in particolare del segmento di backhaul, che collega la rete radio con la core network. Nel corso di URBAN si sono analizzate tecniche ed architetture di rete attualmente allo studio.

Sempre più spesso gli elementi di rete non saranno costruiti per uno specifico compito, ma saranno costituiti da elementi standard, programmabili, remotizzati e svincolati dalla natura fisica della rete. Le funzioni di rete verranno virtualizzate (NFV), le reti stesse saranno definite e configurabili mediante software (SDN) e l'architettura della rete assumerà le sembianze del cloud (C-RAN).

Il Progetto URBAN si è occupato anche dell'ottimizzazione, che sarà un problema multidimensionale con un grande numero di parametri indipendenti con specifiche spesso in contrasto fra di loro: efficienza spettrale, efficienza energetica, costo dell'infrastruttura (CAPEX e OPEX), capacità della rete e soddisfazione dell'utente. Tutte queste voci possono essere inserite in una funzione costo il cui valore deve essere ottimizzato. Il tipo di ottimizzazione effettivamente messa in atto dipenderà dalle scelte del singolo operatore, ad esempio alcuni potrebbero privilegiare una riduzione dei costi mentre altri una massimizzazione del traffico smaltito.

#### **Quadro normativo**

Di fianco all'evoluzione tecnica, occorrerà valutare l'ammissibilità delle soluzioni proposte (reti eterogenee, densificazione, utilizzo condiviso delle frequenze, ecc.) in base alle norme vigenti. E, al contempo, sarà necessario un adeguamento delle normative al mutato scenario tecnico, in modo che esse siano in grado di favorire lo sviluppo delle reti 5G.

Le PA devono salvaguardare sia gli ingenti investimenti fatti dai vari attori dell'industria delle telecomunicazioni - manifatturiere, operatori, fornitori di servizi e di contenuti “over the top” - sia i diritti dell'utente, garantendo la libera concorrenza sul mercato ed una disciplina di prezzi equa. La FUB ha effettuato nel corso di URBAN un'analisi delle regolamentazioni in vigore e delle decisioni prese in sede internazionale, al fine di supportare la PA italiana nelle sue attività di normazione e vigilanza.

#### **Attività 2016**

Poiché il Progetto si è svolto per la maggior parte nell'anno precedente, nel corso del 2016 l'attività ha riguardato l'opera di stesura (e revisione quando necessaria) delle relazioni previste (“deliverable”) e l'organizzazione del seminario conclusivo del Progetto presso la Scuola Superiore di Specializzazione in Telecomunicazioni dell'ISCOM.

#### **DELIVERABLE**

- I deliverable sono stati consegnati al committente secondo quanto previsto dalla convenzione siglata in data 28 aprile 2015; essi non sono disponibili al pubblico.

#### **SEMINARI**

- A conclusione e completamento delle attività di Progetto è stato tenuto un seminario congiunto ISCOM-FUB dal titolo *Reti eterogenee nel contesto 5G: potenzialità e prospettive*, Roma, Ministero dello sviluppo economico, 11 febbraio 2016.

132

ATTIVITÀ FUB 2016

## INFRASTRUTTURE E RETI TLC

### TERT

Tecnologie Emergenti di Reti di Telecomunicazioni

Progetto in convenzione con MiSE - ISCOM

Questo Progetto si occupa dell'evoluzione delle reti in fibra ottica (dall'accesso al core), nel contesto del programma del Governo sulla Banda Ultralarga, anche con sperimentazioni effettuate nei LAB ISCOM.

#### Obiettivi

Studio dell'evoluzione delle reti in fibra ottica (dall'accesso al core) ai fini del progresso scientifico e per il supporto al Governo sui temi delle infrastrutture delle reti di TLC con particolare attenzione verso il programma del Governo sull'Agenda digitale Europea 2020 sulle Reti broadband (Piano Ultrabroadband).

#### Impatto

Gli studi e le soluzioni proposte in questo Progetto possono portare importanti vantaggi a diversi soggetti operanti nel campo delle TLC, dagli operatori di rete agli operatori di contenuti e agli utenti stessi, e saranno soprattutto di supporto al MiSE sui temi della banda ultralarga. In particolare sono previste nuove metodologie di funzionamento delle SDN basate sulle conoscenze acquisite in altri contesti riguardanti principalmente il monitoraggio e il controllo della Qualità del Servizio, con importanti vantaggi quindi per gli operatori di Telecomunicazioni, gli ISP e gli utenti stessi.

#### Descrizione

Il Progetto rivolge particolare attenzione alle tematiche riguardanti l'instradamento automatico del traffico secondo l'approccio Software Defined Networks (SDN) e la centralizzazione del Management secondo l'approccio Network Function Virtualization (NFV). Lo studio utilizza le infrastrutture di rete NGN dell'ISCOM e i metodi per l'analisi del traffico e della QoS sviluppati nell'ambito del Progetto mPlane. In particolare, nei laboratori ISCOM vengono riprodotte alcune delle condizioni presenti nelle reti attuali al fine di proporre soluzioni per la gestione automatica delle risorse, fisiche e virtuali, in grado di ottimizzare al meglio il trasporto del traffico rispettando i requisiti di Qualità del Servizio e risparmio energetico.

Nel dettaglio, queste sono le principali attività:

- Analisi delle attuali proposte sulle tematiche delle Software Defined Networks (SDN) con sperimentazioni nei LAB ISCOM.
- Sviluppo di nuovi modelli per lo studio delle prestazioni di reti WDM, anche con l'obiettivo della riduzione dei consumi energetici.
- Utilizzo delle tecniche di monitoraggio del traffico per l'analisi dei contenuti trasportati nella rete (rispettando i criteri di privacy e tutela degli utenti) e per la definizione di nuovi metodi di funzionamento delle SDN. Quest'attività sarà basata sull'utilizzo di strumenti software sviluppati dalla FUB nell'ambito del progetto Europeo mPlane.

- Analisi del ruolo delle Content Centric Network nel contesto degli investimenti per gli operatori di telecomunicazione e dello sviluppo per gli operatori di contenuti.
- Evoluzione della rete di accesso, backhoulung e fronthauling con tecniche ottiche WDM e OFDM, sia nel contesto del piano BandaUltralarga sia per il supporto alla telefonia 5G.

### Attività 2016

Le attività di questo Progetto si sono principalmente incentrate sulla configurazione del LAB NGN dell'ISCOM con funzionalità SDN. In particolare, è stato sviluppato un *orchestrator* (cervello dell'SDN) che reperisce le informazioni sullo stato della rete di accesso tramite un insieme di sonde dislocate tra le terminazioni VDSL, ADSL2+ e GPON [1]. Per la gestione delle sonde e il reperimento delle informazioni sulla rete è stata utilizzata la piattaforma *mPlane* con il suo *reasoner*. Sono state analizzate anche altre metodologie sviluppate nell'ambito del Progetto mPlane, in vista di un loro possibile utilizzo nel test plane dell'ISCOM; fra tutte, in particolare, il tool TSTAT realizzato dal Politecnico di Torino.

Il modello SDN sviluppato in questo Progetto ha come primo obiettivo la gestione di connessioni virtuali, ottenute per mezzo di tecniche di tipo Carrier Ethernet, per l'interfacciamento con reti radio eterogenee, nell'ambito delle strategie sul 5G [2]. In questo ambito, per simulare funzionalità di tipo WiMAX e LTE, è stato utilizzato il codice NS3, che ha permesso di realizzare un ambiente radio di tipo ibrido in cui sono state sperimentate tecniche End-to-End in modalità multicast con gestione di una QoS garantita.

Da queste sperimentazioni è nata una proposta FUB di *Network Slicing* [1][3], cioè di segmentazione della rete dedicata al traffico generato da specifiche applicazioni; un elemento fondamentale per il supporto a servizi di tipo *Vertical*.

In questo Progetto è stato anche fatto uno studio sulla rete di accesso in fibra ottica e sulla sua evoluzione mediante l'utilizzo di tecniche trasmissive di tipo Wavelength Division Multiplexing (WDM) e optical Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM).

Infine è stato studiato come ottenere un risparmio energetico nelle reti core, sfruttando al meglio le risorse trasmissive, anche con sistemi WDM che prevedono l'utilizzo di rigeneratori ottici. Questo studio è stato applicato anche a modelli di rete basati sul nuovo paradigma *Content Centric Networks* [4].

### PUBBLICAZIONI

- [1] Matera F., Giuntini M., Grazioso P., Valenti A., Attanasio V., Di Bartolo S., Nastri E., "Enabling Optical Network Test Bed for 5G Tests", in stampa su *Fiber and Integrated Optics*.
- [2] Matera F., "Photonics for 5G ERA", introduzione allo Special Issue di *Fiber and Integrated Optics* sulla Fotonica per il 5G. In stampa.
- [3] Matera F., Attanasio V., Di Bartolo S., Nastri E., Salamandra L., Susanna P., Pizzoleo A., "Optical Network Slicing Approaches with Carrier Ethernet tests".
- [4] Matera F., Nastri E., "Optical Network Design in Content Centric Network Scenario", sottomesso alla conferenza internazionale *IEEE-AICT Fotonica 2017*.

134

ATTIVITÀ FUB 2016

## INFRASTRUTTURE E RETI TLC

### G.Fast

Accesso a banda larga FTTC/FTTB: tecnologie e scenari di competizione

Progetto in convenzione con MiSE - ISCOM

Nel percorso che vede le reti in fibra ottica penetrare gradualmente nel segmento delle reti di accesso si collocano nuove evoluzioni tecnologiche (e-VDSL, Vectoring, G.Fast) che offrono la possibilità di aumentare la banda disponibile su reti di accesso in rame. Tali tecnologie evolutive, potenzialmente, potrebbero permettere all'Italia di rispettare gli obiettivi dell'Agenda Digitale 2020; tuttavia esse presentano criticità a livello competitivo, dal momento che ogni posizione intermedia (FTTC, FTTB) tra l'attuale rete in rame e l'obiettivo finale di una rete di accesso interamente in fibra (FTTH) necessita di interventi regolatori per garantire un accesso multi-operatore agli utenti finali.

#### Obiettivi

Il Progetto ha lo scopo di studiare le tecnologie in architetture FTTB/FTTC dal punto di vista tecnico/regolatorio in scenari multi-operatore, valutando soluzioni di uso competitivo del doppino in assenza e in presenza di coordinamento tra operatori.

#### Impatto

In una roadmap che vede come punto di caduta l'FTTH, le soluzioni intermedie FTTC/FTTB sono importanti per offrire servizi a banda ultralarga e dilazionare nel tempo investimenti e interventi per portare la fibra fino a casa dell'utente. Il Vectoring in tale scenario è inapplicabile o non può essere sfruttato pienamente se non si interviene a livello tecnico e regolamentare. Un intervento tardivo potrebbe portare ad un'assenza di competizione e al non rispetto degli obiettivi fissati dalla UE.

#### Descrizione

Le nuove evoluzioni tecnologiche (e-VDSL, Vectoring, G.Fast) offrono la possibilità di aumentare la banda disponibile su reti di accesso in rame, ma hanno la necessità di avere il pieno controllo di tutti i doppini presenti in un cavo: in uno scenario multi-operatore ciò non è possibile se non con interventi di natura tecnica e regolatoria. L'obiettivo del Progetto è quello di studiare le prestazioni e la fattibilità di soluzioni di uso competitivo del mezzo di trasmissione sia in assenza di coordinamento tra operatori (vectoring non coordinato), sia sfruttando tecnologie di coordinamento nell'uso del mezzo quali il coordinamento tra operatori nell'uso delle frequenze e il vectoring completo multi-operatore (Multi Operator Vectoring, MOV).

A tal fine, sono stati considerati vari scenari di penetrazione della fibra ottica nella rete di accesso: fino all'armadio (FTTC), fino al punto di distribuzione (FTTDp), oppure fino all'edificio (FTTB). Sono state analizzate le tecnologie su rame proposte per ciascuno di questi scenari, in particolare i vari profili VDSL2 e G.Fast, nonché le proposte ancora in fase di pre-standardizzazione (e-VDSL). Sono inoltre state analizzate anche le reti di accesso in fibra ottica.

Nel corso del Progetto sono stati rilasciati 4 deliverable e due pubblicazioni scientifiche, di cui una nell'ambito di una conferenza internazionale IEEE.

### Attività 2016

Nel 2016, è stato analizzato il quadro regolatorio per l'applicazione delle tecnologie multi-operatore e sono state effettuate simulazioni e test di laboratorio sulle tecnologie di accesso. La situazione in Europa risulta piuttosto disomogenea, sia per quanto riguarda le tecnologie che la regolamentazione.

In Italia, è stata individuata una soluzione, il Multioperator Vectoring (MOV) che prevede una cooperazione tra gli apparati dei diversi operatori al fine di cancellare l'interferenza su tutti i doppini del cavo. Le criticità di questa soluzione sono diverse, tra cui spicca la necessità della definizione di standard internazionali.

Sono state poi effettuate simulazioni riguardo alle soluzioni che portano l'accesso a banda (ultra)larga su rame alle abitazioni italiane. Le due soluzioni tecnologiche considerate sono VDSL2 e la sua evoluzione EVDSL. L'utilizzo della tecnologia EVDSL rappresenta sicuramente una soluzione più economica, rispetto alle reti FFTB/FTTH, per conseguire gli obiettivi fissati dalla UE e dal Governo; tuttavia, nel contesto italiano, il (full) Vectoring non è di immediata applicazione e pone quindi il problema del conseguimento degli obiettivi di banda larga. È stata quindi analizzata la soluzione di Vectoring non coordinato con accesso in frequenza (proposta indipendentemente da Alcatel-Lucent e Uni-Roma2) che cerca di massimizzare i vantaggi pur rinunciando ad una soluzione più sofisticata come il MOV.

Infine, sono state condotte delle sperimentazioni sulle tecnologie di rete di accesso. Dai test effettuati nel laboratorio Test-Plant dell'ISCOM, sono stati raccolti dati utili che hanno confermato le prestazioni teoriche della tecnica del Vectoring applicata alla tecnologia VDSL2 e hanno dato interessanti indicazioni sui benefici ottenibili in scenari multi-operatore in assenza di Vectoring coordinato.

### PUBBLICAZIONI

.....

- Valenti A., Rufini A., Maier G., Verticale G., Penna S., Attanasio V., "Ultra Broadband network performance in a multioperator scenario", *Networks 2016*, IEEE, Montreal, September 26-28, 2016, 10.1109/NETWKS.2016.7751162
- Attanasio V., Valenti A., Persia F., Rufini A., Penna S., Del Buono D., Verticale G., Maier G., "Evaluation of the hybrid FTTx/VDSL2-Vectoring approach in an access network", *ICTON 2016*, Trento, 10-14 Luglio 2016, 10.1109/ICTON.2016.7550684

### DELIVERABLE

.....

- 4 Deliverable

136

ATTIVITÀ FUB 2016

## INFRASTRUTTURE E RETI TLC

### mPlane

An Intelligent Measurement Plane for Future Network and Application Management

Progetto di ricerca nel VII Programma Quadro della Commissione europea

Il Progetto Europeo FP7 mPlane si propone la realizzazione di un innovativo piano di misura da inserire tra il piano dati e il piano di controllo, per il monitoraggio delle prestazioni delle reti IP. Prevede quindi la realizzazione di un'architettura che controlla una serie di sonde che misurano alcuni parametri prestazionali.

#### Obiettivi

Il Progetto prevede la realizzazione di un'architettura per il monitoraggio della rete sia a livello di accesso che core, e punta alla misura della Qualità ad ogni livello della pila OSI. Sarebbe perciò un'infrastruttura fondamentale sia per gli utenti sia per gli operatori e gli Over the Top, anche per la verifica del Service Level Agreement.

#### Impatto

La piattaforma mPlane opera mediante sonde attive e passive situate presso enti Europei e permette di far interagire le sonde per individuare problematiche presenti nella rete, anche a livello core. FUB ha in particolare realizzato una sonda per la verifica del Service Level Agreement. Tale piattaforma consente il monitoraggio della QoS/QoE ma anche del traffico e dei contenuti nella rete. Essa permette di individuare le caratteristiche specifiche degli effetti che portano alla degradazione dei pacchetti e quindi è in grado di fornire indizi agli operatori per correggere la gestione delle capacità e le connessioni della rete.

#### Descrizione

Questo Progetto ha realizzato un piano di monitoraggio per reti IP che controlla sia lo stato delle prestazioni che quello dei servizi, mediante la dislocazione di sonde attive e passive in diversi punti della rete, a cominciare dai punti di accesso degli utenti fino ai punti di connessione dei router nella rete core.

Tale infrastruttura contiene, oltre alle sonde per la misura, un sistema di memorizzazione dei dati e un cervello che analizza i dati in modo da individuare le cause dei problemi identificati dai test, consentendo la comprensione delle condizioni che generano criticità nella rete.

Più dettagliatamente, il Progetto prevede la realizzazione di un'architettura all'interno della stessa rete IP dedicata al monitoraggio delle prestazioni della rete a tutti i livelli della "Pila OSI"; vengono quindi effettuate misure di prestazione dal livello fisico (ad esempio, verifica del Service Level Agreement tra un operatore di rete e un utente) fino al livello di applicazione (ad esempio verifica della qualità di un video fornito da un operatore web).

### Attività 2016

Il Progetto si è ufficialmente chiuso il 31 dicembre 2015. Ai fini dell'Audit finale, che si è tenuto nel mese di marzo 2016, sono state concluse le attività rimaste in sospeso, specialmente nell'ambito della disseminazione dei risultati, con la pubblicazione degli ultimi articoli [1].

Sono inoltre proseguiti gli studi sul monitoraggio del traffico, anche con la realizzazione di appositi algoritmi che permettono di individuare alcune anomalie nel funzionamento delle reti. In particolare, si è studiata la correlazione esistente tra alcune misure fatte in ambito client, riguardanti le caratteristiche dell'accesso dell'utente in termini di throughput (banda), jitter e perdite di pacchetti (misure attive), e il comportamento di alcuni pacchetti di controllo del TCP mediante misure passive. Questi studi sulla correlazione hanno permesso di osservare alcune leggi particolari che legano, ad esempio, l'andamento del throughput con quello della ritrasmissione dei pacchetti, riuscendo a stabilire quando c'è una degradazione nelle prestazioni della rete, in presenza di una congestione o di una diminuzione del rapporto segnale-rumore [2]. Sono stati quindi sviluppati degli algoritmi che operano all'interno del reasoner, che è il cervello del piano di misura mPlane, che permettono di verificare e certificare il comportamento della rete [3].

Proprio da questa nuova proprietà di mPlane è nata l'idea di utilizzare la rete di monitoraggio per fornire un supporto alle reti di tipo Software Defined Networks (SDN), e in particolare si è proposto di utilizzare gli output del reasoner come input per l'orchestrator dell'SDN. In tal modo, il reasoner può avere la conoscenza del comportamento della rete in ogni suo segmento e procedere a riconfigurare la rete nei punti in cui si verifica una degradazione delle prestazioni. Tale funzionalità è stata testata nel laboratorio ISCOM sulla rete NGN in condizioni di congestione del traffico [4].

### PUBBLICAZIONI

- [1] Casas P., Fiadino P., Wassermann. S., Traverso S., D'Alconzo A., Tego E., Matera F., Mellia M., 2016, "Unveiling network and service performance degradation in the wild with mplane", *IEEE Communication Magazine*, March 2016, pp. 71-76.
- [2] Tego E., Matera F., Del Buono D., "Experimental Investigation on Transmission Control Protocol Throughput behavior in Optical Fiber Access Networks", *Fiber and Integrated Optics*, Vol. 35, n. 2, pp. 72-85, 2016.
- [3] Mellia M., Traverso S., Tego E., Rufini A., Valenti A., Matera F., Scarpino M., Kahveci A.E., Invernizzi F., "Quality of Service monitoring adopting correlation among active and passive measurements", *Networks 2016*, Montreal, September 2016.
- [4] Tego E., Rufini A., Valenti A., Matera F., Mellia M., Traverso S., "Software Defined Network approach driven by the mPlane Measurement Plane", *AEIT International Conference*, Capri (NA), October 5-7 2016.

138

ATTIVITÀ FUB 2016

## MONITORAGGIO RETI TLC

### Q5G

Metodologie per la valutazione della qualità nelle reti di nuova generazione (5G)

Progetto in convenzione con MISE - ISCOM

Il Progetto affronta la tematica della misurazione in ottica 5G della qualità dei servizi, considerando una rete eterogenea e performante. In particolare si analizza il video, che nel 5G sarà il servizio più impattante.

#### Obiettivi

Il Progetto nasce con lo scopo di comprendere come la tematica della qualità dei servizi si svilupperà nel 5G, considerando questo come un nuovo paradigma di comunicazione che mira ad unificare le tecnologie trasmissive in un sistema *end-to-end*.

#### Impatto

Punto chiave del 5G sono le prestazioni di rete elevate, cosicché l'utente possa fruire dei servizi con una qualità sempre ottimale. Lo studio effettuato nel Progetto sulla qualità dei servizi e sulla relativa valutazione è dunque una tematica fondamentale per le reti 5G, sia per quanto riguarda l'aspetto utente (perché più alta è la qualità di un servizio, più si tenderà a fruire del servizio e quindi della rete), sia per quanto riguarda gli aspetti di interoperabilità tra reti e tra Operatori di TLC e OTT.

#### Descrizione

Se la valutazione della qualità dei singoli servizi trasmessi sulle reti attuali è ancora una tematica di studio, la misurazione della qualità su reti eterogenee e ultra-performanti, come promettono di essere le reti 5G, è un argomento ancora più complesso, in quanto si deve considerare la problematica dell'interoperabilità tra reti differenti, la cui efficienza incide sulla qualità *end-to-end*. Nell'ambito di questo Progetto sono stati affrontati gli aspetti di rete in ottica 5G, seguendo in particolare il lavoro dell'ITU, ed è stato studiato come le misurazioni ad oggi effettuate (a livello network performance, QoS e QoE) ed i relativi SLA dovranno mutare per poter valutare correttamente il livello di qualità nelle reti future. Focalizzando l'attenzione sulla valutazione di servizi specifici, è stato individuato come *killer-application* del 5G il servizio video, il quale sarà il servizio maggiormente fruito sia nelle comunicazioni *human-centric* sia nelle comunicazioni *machine-centric*. Sono stati pertanto identificati i KPI relativi non più alla sola efficienza della rete, ma al servizio video nel suo complesso e nelle sue peculiarità, esaminando come gli stessi parametri tradizionali nelle reti 5G assumeranno un significato differente; ad esempio il raggiungimento del livello di qualità ottimale di una rete non si tradurrà solamente nell'erogazione di un "picco elevato di banda di accesso", ma assumerà un significato differente per ogni tipologia di servizio. Infine, è stata effettuata una sperimentazione per la valutazione della qualità di un servizio video on-demand così come potrebbe esser fruito in una possibile rete 5G (comprendendo sia reti wired che wireless) tramite molteplici terminali.

**Attività 2016**

Nel corso del 2016 si è concluso il Progetto Q5G con la redazione della relazione finale. Nell'arco dell'anno è stata studiata la valutazione della qualità dei servizi, rivolgendo particolare attenzione al servizio di *Video on Demand*, ed è stata svolta una sperimentazione sulla correlazione tra *network performance*, qualità dei servizi e dispositivi d'utente, considerando una rete eterogenea quale sarà la rete 5G.

Per la parte sperimentale del Progetto è stato realizzato nel laboratorio Test Plant dell'Istituto Superiore delle Comunicazioni e delle Tecnologie dell'Informazione un *set-up* sperimentale ed è stato creato un agent che ha permesso di valutare KPI sia di rete che di servizi (*web-browsing* e *Video on Demand*) utilizzando sia diversi collegamenti di rete fissa che la rete mobile LTE reale. Al fine di rendere il più completo possibile il sistema sono stati utilizzati diversi tipi di dispositivi d'utente.

**DELIVERABLE**

- Relazione finale del Progetto.

140

ATTIVITÀ FUB 2016

## MONITORAGGIO RETI TLC

### PACAB

Parametri caratterizzanti il servizio best-effort in reti d'accesso a banda larga

Progetto in convenzione con ISCOM-FUB-PoliMI

Il servizio di accesso ad Internet da rete fissa di tipo *best-effort* è caratterizzato dall'assenza di livelli di servizio garantiti, tuttavia è possibile identificare un insieme di parametri che descrivano in modo statistico il servizio ricevuto da un insieme definito di utenti.

#### Obiettivi

Il Progetto ha come scopo l'identificazione di un insieme di metriche e di Key Performance Indicator che permettano di caratterizzare statisticamente il servizio di accesso ad Internet ricevuto da una popolazione di utenti omogenea per tecnologia di accesso, operatore e/o offerta commerciale, tenendo in considerazione anche la misurabilità su larga scala.

#### Impatto

Riuscire a definire il livello minimo di servizio che deve essere offerto all'utente finale affinché il servizio stesso possa essere classificato come "in banda larga" o "in banda ultralarga" impatta sulla tutela dei consumatori e offre strumenti al regolatore per incrementare le azioni nel settore.

#### Descrizione

Le offerte di accesso ad Internet da rete fissa si distinguono in particolar modo per le diverse tecnologie di accesso (ADSL, ADSL2+, VDSL2 senza vectoring, VDSL2 con vectoring e fibra ottica); per ciascuna tecnologia le aspettative degli utenti rispetto alle prestazioni che si possono ottenere sono molto differenti. Al contempo, per ciascuna offerta gli Internet Service Provider si devono impegnare a garantire un valore minimo di banda ed un valore massimo di latenza. A fronte di un servizio di tipo best-effort, tali valori costituiscono le garanzie di prestazioni, ma vengono scelti dagli operatori, talvolta effettuando delle valutazioni su scala nazionale e talvolta valutando la specifica linea dell'utente.

Dopo aver effettuato un assessment sulle tecnologie di accesso Internet a banda larga e ultralarga, e averne valutato i limiti prestazionali, sono stati studiati ed individuati i Cluster in base ai quali è possibile stabilire il valore di banda minima che l'operatore è in grado di garantire all'interno di determinate aree geografiche.

#### Attività 2016

Nel corso del 2016 sono state analizzate tecnologie multivendor relative agli apparati di banda ultralarga già disponibili sul mercato e di prossima distribuzione; tutto ciò è stato reso possibile grazie ai laboratori ISCOM che dispongono di suddetti apparati. In particolare la caratterizzazione dei Cluster avviene sullo studio dei parametri fisici caratterizzanti le linee di accesso ricavabili dai DSLAM. Attenazione, Attainable Bit Rate, Banda Lorda, Margine di rumore, sono solo alcuni dei parametri sulla base dei quali è possibile definire i Cluster. In caso di connessione radio invece, con riferimento alle zone che sono o verranno coperte da LTE, sono stati considerati i parametri di Potenza del segnale al ricevitore, e occupazione medie delle celle ricavate dalla densità di popolazione.

## MONITORAGGIO RETI TLC

### Misura Internet

Misure di qualità del servizio Internet da postazione fissa

Progetto in convenzione con AGCOM (Delibera n. 244/08/CSP) con finanziamento a carico degli Internet Service Provider

Attuazione e gestione di quanto prescritto dalla Delibera AGCOM n. 244/08/CSP e s.m.i. in materia di servizi di accesso ad Internet da postazione fissa.

#### Obiettivi

Effettuare misure di *network performance* sia presso l'utente, fornendo software che valutano le prestazioni dell'accesso ad Internet, sia tramite punti di misura regionali per comparare le prestazioni degli operatori relativamente ai profili più venduti.

#### Impatto

Il Progetto effettua misure certificate con lo scopo di comparare la qualità delle prestazioni offerte da ogni operatore. Inoltre, attraverso due software gratuiti (Nemesys e Misura Internet Speed Test), gli utenti sono in condizione di poter valutare autonomamente la qualità della propria linea. I valori ottenuti dalle rilevazioni possono essere utilizzati come elemento probatorio per esercitare il diritto di recesso senza penali laddove vengano riscontrate violazioni contrattuali.

#### Descrizione

Misura Internet è il Progetto italiano di monitoraggio della qualità degli accessi ad internet da postazione fissa realizzato da AGCOM in collaborazione con la Fondazione Ugo Bordoni ed il supporto dell'Istituto Superiore delle Comunicazioni. Il Progetto nasce dalla Delibera n. 244/08/CSP con la quale si richiede agli Internet Service Provider di fornire informazioni e garanzie agli utenti; tra queste vi è quella di dichiarare la banda minima (sia in download che in upload) che costituisce un impegno contrattuale con i consumatori. Si tratta del primo caso in Europa in cui un software per la valutazione della qualità dell'accesso ad Internet certificato e con valore probatorio viene messo a disposizione degli utenti. Misura Internet, tramite più di 300 sonde distribuite su tutto il territorio nazionale e che operano h24 sette giorni su sette, rileva le prestazioni delle reti dei singoli Operatori. I risultati, pubblicati e consultabili dagli utenti, costituiscono i valori di riferimento su cui confrontare le diverse offerte presenti sul mercato.

Il Progetto, tramite l'uso del software Nemesys, consente di ottenere un certificato attestante la qualità della connessione. Il certificato, nel caso in cui siano rilevati valori peggiori rispetto a quanto promesso dall'operatore nel contratto, costituisce prova di inadempienza e può essere utilizzato per richiedere il ripristino degli standard minimi. Tramite il software Misura Internet SpeedTest è possibile conoscere il valore istantaneo della qualità del proprio accesso ad Internet.

142

ATTIVITÀ FUB 2016

**Attività 2016**

Nel corso dell'anno 2016 è stato progettato e sviluppato il nuovo core di misura che rispetta le indicazioni del nuovo standard ETSI ES 202 765 parte 4, migrando così il sistema di misura dal protocollo FTP al protocollo HTTP e da una logica "dimensioni del file costante" ad una logica "tempo costante". Questa evoluzione del core di misura ha permesso la misura certificata di linee di accesso ad Internet con banda maggiore di 30 Mbps, mantenendo il Progetto sempre aggiornato ed attuale.

È stata inoltre sviluppata una nuova interfaccia del software al fine di aiutare l'utente finale nella comprensione dell'andamento delle misure effettuate da Nemesys e degli eventuali alert che occorrono durante le misure, come la presenza di altri dispositivi che si connettono alla rete sotto misura.

Sono state quindi messe in campo due nuove versioni dei software Nemesys e MIST per gli utenti finali, per tutti i principali sistemi operativi, e aggiornati i punti di misura della rete nazionale per i "Valori Statistici Comparativi".

Nel corso dell'anno sono state svolte numerose attività di tipo sperimentale ed è stata condotta un'analisi sia in laboratorio che in campo al fine di validare i risultati conseguiti. Da ultimo è stato certificato il software Nemesys valido per le misure delle linee di accesso ad Internet degli utenti finali.

**SOFTWARE / TOOL**

- NeMeSys versione 3
- MIST versione 2

## MONITORAGGIO RETI TLC

### MisuraInternet Mobile

Qualità dei servizi di comunicazioni mobili e personali - QoS mobile

Progetto in convenzione con AGCOM (Delibere n. 154/12/CONS e 580/15/CONS) con finanziamento a carico degli Operatori

Il Progetto QoS mobile prevede lo svolgimento da parte della Fondazione Ugo Bordoni di rilevazioni comparative della Qualità del Servizio di accesso a larga banda fornito dalle reti mobili nazionali, i cui risultati vengono valutati da AGCOM e pubblicati.

#### Obiettivi

La principale finalità del Progetto è la presentazione al pubblico dei risultati della rilevazione della Qualità del Servizio (QoS) nelle reti di comunicazione mobili, per consentire alla clientela la valutazione e la comparazione delle offerte.

#### Impatto

La rilevazione della QoS nelle reti mobili fornisce innanzitutto ai consumatori la possibilità di scegliere tra le diverse offerte commerciali confrontandone le prestazioni tecniche. Da ciò consegue un forte stimolo per gli operatori ad una continua evoluzione tecnologica e al miglioramento della qualità dei servizi offerti. Nel contempo AGCOM ha la possibilità di monitorare nel tempo l'effettivo sviluppo delle reti mobili nazionali, anche comparando i dati aggregati con quelli di altri paesi.

#### Descrizione

Il Progetto, regolato dalle Delibere AGCOM 154/12/CONS e 580/15/CONS, prevede la rilevazione della qualità dei servizi dati offerti al pubblico dalle reti mobili nazionali, con modalità che vengono definite e aggiornate da un Tavolo Tecnico tra AGCOM, FUB e gli operatori di rete mobile, cui spetta il finanziamento dell'attività.

In particolare, la Fondazione Bordoni ha il compito di rilevare la qualità dei seguenti servizi:

- HTTP Upload (caricamento di un file dal terminale utente a un server HTTP)
- HTTP Download (scaricamento di un file da un server HTTP al terminale utente)
- HTTP/HTTPS Browsing (accesso ad una pagina web su Internet, incluso il caso di transazioni sicure)
- Ping (misura del ritardo di trasmissione dati).

Altri servizi vengono via via introdotti, inizialmente in via sperimentale, per tenere conto dell'evoluzione delle modalità di utilizzo delle reti da parte degli utenti (es. Videostreaming su piattaforma YouTube).

Le misure sono effettuate su un mezzo mobile equipaggiato con strumentazione specializzata, sia in modalità statica che dinamica, nelle aree comunali delle principali città italiane (20 fino al 2013, 40 a partire dal 2014), e nei percorsi extraurbani di collegamento.

144

ATTIVITÀ FUB 2016

Nel 2015 sono stati introdotti test in tecnologia LTE su smartphone con sistema operativo Android, nelle 10 maggiori città. Seguendo la progressiva diffusione della tecnologia 4G l'insieme delle città verrà esteso nelle campagne seguenti.

Per ogni tipologia di test si rileva la prestazione corrispondente e l'eventuale tasso di insuccesso. I dati così ottenuti vengono analizzati, validati e aggregati da FUB a livello di città e a livello nazionale, esaminati dal Tavolo Tecnico, quindi forniti all'Autorità per la pubblicazione sul sito web del progetto [www.misurainternetmobile.it](http://www.misurainternetmobile.it). Qui, a partire dal 2016, oltre ai dati aggregati relativi alle misurazioni effettuate sulle 4 reti mobili, sono disponibili mediante interfaccia grafica basata su mappe del territorio i risultati puntuali comparativi delle misurazioni svolte per le diverse reti.

### Attività 2016

Nel corso del 2016 è stata innanzitutto terminata la campagna di misura 2015/2016, la prima della nuova serie di campagne basate sull'uso di smartphone come device di test ed estese alla tecnologia 4G.

A partire dal mese di maggio sono iniziate le attività di validazione dei dati acquisiti. Un primo periodo è stato dedicato alla indagine su problematiche di interoperabilità tra apparati FUB/operatori manifestatesi al Neutral Access Point di Milano (MIX). L'analisi approfondita delle anomalie ha condotto alla invalidazione di alcuni test. È poi iniziata la fase di elaborazione e aggregazione dei risultati, che ha portato ad una prima pubblicazione da parte di AGCOM dei risultati aggregati, nel mese di agosto. Il report comprendeva, come previsto dalla delibera 580/15/CONS, anche i risultati della precedente campagna 2014, finora non disponibili al pubblico.

Sempre in applicazione della delibera, i risultati comparativi della campagna 2015/2016 sono stati successivamente presentati al pubblico con dettaglio puntuale, tramite un applicativo grafico, sviluppato da FUB, direttamente accessibile su web alla pagina <http://misurainternetmobile.it/risultatocomparativi/>.

La successiva campagna 2016/2017 è stata avviata il 24 ottobre, con strumentazione e modalità invariate rispetto a quella precedente, per consentire una valutazione della evoluzione della QoS offerta dalle reti mobili.

Si è nel frattempo reso necessario uno studio approfondito delle statistiche dei test di Ping, in particolare per la stima del jitter, che ha evidenziato criticità legate sia al comportamento specifico delle reti in parte del territorio, sia alla lunghezza della sequenza di pacchetti utilizzata nei test. Ciò ha portato ad un successivo rilascio al pubblico, nel mese di dicembre, di una versione aggiornata del report aggregato AGCOM per le campagne 2014 e 2015/2016.

### DELIVERABLE

- Report AGCOM per la campagna di test 2014 (agosto 2016, update dicembre 2016).
- Report AGCOM per la campagna di test 2015 (agosto 2016, update dicembre 2016).
- Pubblicazione su applicativo grafico dei risultati della campagna 2015.

### EVENTI

- Presentazione del progetto QoS mobile presso l'Autorità delle Telecomunicazioni Tunisina (INT).